RECEIVED
CENTRAL FAX CENTER
MAR 2 3 2007

(TRANSLATION OF JP-A-3-239902)

SPECIFICATION

1. Title of the Invention

Circular Shape Extractor

2. Scope of Claim for Patent

(1) A circular shape extractor characterized by inputting a circular body as a gray image to extract all edge points in a gray boundary of the image, calculating the respective distances between the coordinates of an intersection of straight lines inclined at angles θ at two of the edge points and the coordinates of the two edge points to extract the intersection as an image at the center of a circle when both the distances are substantially equal to each other, moving to the subsequent edge point, and similarly extracting the other edge points to estimate the center and the radius of the circular body.

3. Detailed Description of the Invention

[Object of the Invention]

(Applicable Industrial Field)

The present invention relates to a method of extracting a center point of a circle or circular shape, and particularly to a method and apparatus that can be utilized for inputting an image of an object to be produced having the contour of the circle or circular shape from a camera provided side by side with an industrial robot or the like and connected thereto, processing the image using a computer, and extracting the center point of the circle or circular shape to issue an

instruction to the robot or the like.

(Prior Art)

In recent years, a large number of industrial robots having so-called artificial intelligence allowing flexible processing and assembling work by providing a camera having the same vision as human vision side by side therewith and connecting the camera thereto to recognize and measure the shape, the position, etc. of an object to be produced, for example, processed and assembled have been employed for production processes as a machine acting for human work. As an information processing method of a visual image of the object to be produced that is inputted to the industrial robot camera during the production processes, a binary image processing method has been widely used (see JP-A-62-34004, for example). The binary image processing method is a method as described below. As shown in Fig. 6 (a), an object 2 to be processed, for example, is picked up by a camera 1, an image obtained by the pickup is inputted to a computer, and the inputted image is decomposed into M pixels in the x-axis direction and N pixels in the y-axis direction. As a result, the object to be processed can be displayed as a hatched figure in a plane coordinate system on which M × N pixels 3 are collected, as shown in Fig. 6 (b). When a histogram of a density value of each of the pixels 3 and the number of pixels 3 corresponding to the density value is then computerized at the same time that it is found, a peak corresponding to a background and a peak corresponding to the object 2 to be processed appear, as shown in Fig. 6 (c). A

density value at a valley between the two peaks is considered to be a reference density in image processing as a threshold value t. It is determined for each of the pixels whether the density thereof is larger or smaller than the threshold value t, to set a memory corresponding to the pixel 3 to one if the density is larger, while setting the memory to zero if the density is smaller. That is, the binary image processing is an image processing method for setting the memory corresponding to each of the pixels to one or zero depending on whether the density value of the each pixel in the object to be processed is larger or smaller than the threshold value t.

An example of a conventional circle center extracting method for extracting the center of a circle of an object to be processed using binary image processing as described in the foregoing is a method as shown in Figs. 7 to 10 by generalized Hough conversion. Fig. 7 is a block diagram of a circle center extractor. First, the configuration thereof will be described. The circle center extractor comprises a camera 1 for picking up an object 2 to be processed, an image processing device 4 for subjecting an image obtained by the pickup to binary image processing to convert the image into a light intensity level, i.e., a density value for each pixel, and transferring the density value to a host computer 5 as digital signal data, or calculating the center of a circle, or outputting image data to a monitor 6, and a host computer 5 for subjecting data received from the image processing device 4 to calculation processing, and transmitting the received data to the image

processing device 4 as a control signal, or outputting the received data to the exterior from an output unit 7, although parts thereof are repeatedly described.

The function of the conventional image processing method will be then described while also referring to Figs. 8 to 10.

When a video, i.e., an original image A (x, y) of an object to be processed including a circular contour line and a straight line is inputted to the image processing device 4 from the camera 1, the original image is decomposed into pixels 3 by binary image processing, to calculate the contour line. When it is assumed that the calculated contour line is a circle, for example, the contour line can be displayed on an x-y plane coordinate system, as shown in Fig. 8 (a). Therefore, an arbitrary point, i.e., A (x_i, y_i) is set on the contour line. A tangent S passing through the point A (x_i, y_i), a straight line (a normal) i perpendicular to the tangent S, and further an angle θ_i indicating a direction of the straight line i are calculated. As shown in Fig. 8 (b), A (x_i, y_i) of the original image A (x, y) is then subjected to 3 × 3 spatial filtering, to find for each of the pixels 3 a primary differential value Δy_i in the longitudinal direction, a primary differential value Δx_i in the transverse direction, and $\theta_i = \tan^{-1}\Delta y_i/\Delta x_i$. The pixels that have been subjected to the spatial filtering in Fig. 8 (b) are represented by a = A (x_i-1, y_i-1), b = A (x_i, y_i-1), ~ k = A (x_i+1, y_i+1). Δx, Δy, and θ_i are respectively represented as $\Delta x = a + b + g - c - f - k$, $\Delta y = a + b + c - g - h - k$, and $\theta_i = \tan^{-1}\Delta y_i/\Delta x_i$.

As a result, θ_i represents a direction of a density gradient of the pixel 3 at A (x_i, y_i), and represents, when A (x_i, y_i) exists on an image edge (i.e., gray boundary) point, for example, a direction perpendicular to an image edge direction. If the image edge point exists on the circumference of the circle, therefore, the straight line i at the angle θ_i passing through A (x_i, y_i) passes through the center C (x_0, y_0) of the circle. Here, if the radius r is constant and is known, C (x_0, y_0) is found as a center candidate point by the following equations from A (x_i, y_i) and the angle θ_i:

$$x_0 = x_i + r\sin\theta_i$$

$$y_0 = y_i - r\cos\theta_i$$

When Δx and Δy are not less than a certain value (separately determined), i.e., a threshold value Th in this way, A (x_i, y_i) is judged to be an image edge point, to record the point C (x_0, y_0) on an image B (x, y) previously cleared. When such processing is performed over the whole screen of the original image A (x, y), an image having a large value (ideally, the number of pixels on the circumference) in the vicinity of the center of a circle because the largest number of center candidate points are collected is obtained on the image B (x, y). A center point of the value can be extracted as a center point to be found of the circle. If the image B (x, y) is binarized by a predetermined threshold value t separately determined by the binary image processing, the circle can be extracted. This processing method is a method significantly effective in extracting a circle whose part is chipped.

Fig. 9 shows a flow chart in the conventional example.

STEP 1 First, when a program is started, a video, i.e., an original image A (x, y) of an object to be processed 2 including a circular contour line and a straight line is inputted from the camera 1. In this case, the original image A (x, y) is decomposed into pixels 3 by a binary image processing method, and the circular contour line and the straight line are also respectively converted into density differences among the pixels 3 and calculated.

STEP 2 Then, a primary differential value Δy_i in the longitudinal direction, a primary differential value Δx_i in the transverse direction, and an angle $\theta_i = \tan^{-1}\Delta y_i/\Delta x_i$ are formed for each of the pixels 3, to produce images of Δx, Δy, and θ_i.

STEP 3 An image in the previous stage that has been recorded on an image B (x, y) is erased (cleared), to obtain an image B (x, y).

STEP 4 Coordinates $x_0 = x_i + r\sin\theta_i$ and $y_0 = y_i - r\cos\theta_i$ of a point C (x_0, y_0) are sequentially recorded on the image B (x, y) if $|\Delta x_i| + |\Delta y_i| >$ threshold value Th while the images of Δx, Δy, and θ_i obtained in STEP 2 are scanned, to complete the image B (x, y).

Fig. 10 is a graphical representation of the flow chart shown in Fig. 9, showing the process of sequential recording in such a way as to obtain Fig. 10 (b) showing Δx and Fig. 10 (c) showing Δy from an original image A (x, y) shown in Fig. 10 (a) and finally take images 101, 102, and 103 in the original

image, for example, as center candidate images of a circle on an image B (x, y) shown in Fig. 10 (d) to obtain 101', 102', and 103'.

If the center position of the circle in the image is found in this way, the circle can be extracted because the radius thereof is known, so that the position of a circle component is correctly recognized. This allows a correct work instruction to be given to a robot or the like.

(Problem to be Solved by the Invention)

However, such a conventional circle center extracting method employs a method of calculating a contour line image from a gray image of an object such as an object to be processed, determining an arbitrary point on the contour line image, finding a tangent and a normal that pass through the point, sequentially processing and storing the tangent and the normal and the radius of a circle designated and inputted from the exterior as information over the whole circumference of a contour line, and taking a point at which center candidate points of the circle are most closely spaced as the center of the circle having the designated radius. Therefore, there is a problem that the radius of a circle to be found must be known. Further, there are some problems such as the danger of erroneously extracting circles having different radius in an image and the possibility of extracting a linear shape and a grid shape as noises, resulting in a reduced extraction rate in a complicated shape including the shapes.

The present invention has been made by paying attention

to the conventional problems and has for its object to provide a circular shape extractor in which a complicated shape is not erroneously estimated as a circle, thus solving the above-mentioned problems.

[Configuration of the Invention]

(Solution to the Problems)

In order to attain the above-mentioned object, the present invention is characterized by inputting a circular body as a gray image to extract all edge points in a gray boundary of the image, calculating the respective distances between the coordinates of an intersection of straight lines inclined at angles θ at two of the edge points and the coordinates of the two edge points to extract the intersection as an image at the center of a circle when both the distances are substantially equal to each other, moving to the subsequent edge point, and similarly extracting the other edge points to estimate the center and the radius of the circular body.

(Function)

Straight lines inclined at angles θ at two edge points are respectively normals at the points. If the two points are on the circumference of a circle, an intersection of both the normals is the center of the circle, and the distance between the intersection and the edge point is the radius of the center. Only when the two points on the circumference are selected, they are recorded as center image candidates and incremented, to move to the subsequent point, which prevents erroneous estimation. Moreover, even if the radius is not known, the

center is extracted, which is convenient. Further, the radius is also calculated and estimated, which is significantly convenient.

(Embodiments)

An embodiment of the present invention will be described on the basis of Figs. 1 to 5. Fig. 1 is a block diagram showing an embodiment of a circular shape extractor according to the present invention. The configuration thereof will be first described. The circular shape extractor comprises a camera 1 for picking up an object 2 to be processed, an image processing device 4 for subjecting an image obtained by the pickup to binary image processing, converting the processed image into a density value as a gray image for each of pixels 3, transferring the density value to a host computer as data representing a digital signal, or calculating the center of a circle, or outputting image data to a monitor 6, and a host computer 5 for calculating data received from the image processing device 4, and transmitting the received data to the image processing device 4 as a control signal, or outputting the received data to the exterior from an output unit 7.

The basic function of the image processing will be then described with reference to Figs. 2 and 3.

When a video, i.e., an original image A (x, y) of an object to be processed, for example, including a circular contour line and a straight line is inputted from the camera 1, the original image is decomposed into a plurality of pixels by binary image processing, to calculate the contour line. When it is assumed

that the calculated contour line is a circle, it can be displayed on an x-y plane coordinate system, as shown in Fig. 2. Here, when it is assumed that two arbitrary points on the contour line are determined as D (x_i, y_i) and E (x_j, y_j), and the respective primary differentials Δx and Δy are not less than a certain value (separately determined), i.e., a threshold value Th, the two points D (x_i, y_i) and E (x_j, y_j) are respectively judged to be image edge points (gray boundary points). It is assumed that all the other points on the contour line are also respectively judged to be edge points in the above-mentioned way. Angles θ_i and θ_j respectively passing through D (x_i, y_i) and E (x_j, y_j) and representing directions perpendicular to an image edge direction are then calculated. From Δx, Δy, and the results of the calculation, it is possible to then determine a point, i.e., F (x_0, y_0) at which a straight line i passing through D (x_i, y_i) and having an angle θ_i and a straight line j passing through E (x_j, y_j) and having an angle θ_j intersect each other inside a circle. Further, letting r_i be the distance between D (x_i, y_i) and F (x_0, y_0) and letting r_j be the distance between E (x_j, y_j) and F (x_0, y_0), the coordinates of the intersection, i.e., F (x_0, y_0) can be expressed by the following equations:

$$x0 = x_i + r_i \sin\theta_i$$

$$y0 = y_i - r_i \cos\theta_i$$

$$x_0 = x_j + r_j \sin\theta_j$$

$$y_0 = y_j - r_j \cos\theta_j$$

From the foregoing equations, the distance r_i between D $(x_i,$

y_i) and F (x_0, y_0) and the distance r_j between E (x_j, y_j,) and F (x_0, y_0) are found as follows:

$$x_0 = (y_i - y_j + x_i \cot\theta_i - x_j \cot\theta_j)/(\cot\theta_i - \cot\theta_j)$$

$$y_0 = (x_i - x_j + y_i \tan\theta_i - y_j \tan\theta_j)/(\tan\theta_i - \tan\theta_j)$$

$$r_i = (-x_i + x_j + (y_j - y_i)\tan\theta_j)/(\sin\theta_i - \cos\theta_i \cdot \tan\theta_j)$$

$$r_j = (x_i - x_j + (y_i - y_j)\tan\theta_j)/(\sin\theta_j - \cos\theta_j \cdot \tan\theta_i)$$

Here, if it is assumed that D (x_i, y_i) and E (x_j, y_j) exist on the same circumference, the following equation holds:

$r_i = r_j$ = radius

Consequently, two arbitrary points on the contour line are incremented as one set, to make the foregoing calculation with respect to the whole circumference of the contour line from one to another. Only when the result of the calculation is $r_i \fallingdotseq r_j$, F (x_0, y_0) can be taken as a center candidate point of the circle. F (x_0, y_0) thus calculated is recorded on an image G (x, y) previously cleared.

Fig. 3 shows a flow chart.

STEP 1 First, when a program is started, a video, i.e., an original image A (x, y) of an object to be processed including a circular contour line and a straight line is inputted from the camera 1. In this case, the original image A (x, y) is decomposed into several pixels by a binary image processing method, and the circular contour line and the straight line are also respectively converted into gray images and digitized. Then, for each of the pixels obtained by the decomposition, a primary differential value Δx_i in the transverse direction and a primary differential value Δy_i in

the longitudinal direction are found, and an angle θ_i is found from $\tan^{-1}\Delta y/\Delta x$. At the same time, a value of $|\Delta x| + |\Delta y|$ for each of the pixels is calculated. When the value is more than a predetermined value (separately determined), that is, a threshold value Th, coordinates (x_i, y_i) having this value are judged to be an image edge point. The coordinates x_i and y_i and the angle θ_i are stored in a table. The table stores as a group calculated values for the pixels, for example, x_1, y_1, θ_1, x_2, y_2, θ_2, x_3, y_3, θ_3, ... x_N, y_N, θ_N.

STEP 3 The image in the previous stage recorded on the image A (x, y) is erased (cleared), to obtain an image G (x, y).

STEP 4 Data i = 1 ~ N are taken out of the table stored in STEP 2.

STEP 5 Data j = 1 ~ N are taken out of the table stored in STEP 2.

STEP 6 All combinations of the data taken out in STEP 4 and STEP 5 are produced, to find coordinates (x_0, y_0) of an intersection from an image edge point (x_i, y_i, θ_i) in STEP 4 and an image edge point (x_j, y_j, θ_j) in STEP 5, and find a distance r_i from the coordinates (x_0, y_0) of the intersection to the image edge point (x_i, y_i) and a distance r_j from the coordinates (x_0, y_0) of the intersection to the image edge point (x_j, y_j).

STEP 7 The distance r_i and the distance r_j calculated in STEP 6 are compared with each other. When $r_i/r_j \fallingdotseq 1$, the program proceeds to the subsequent step. The flow chart shows

an example in which i = 1 and i = 2.

STEP 8 If r_i compared in STEP 7 is within a certain range (separately determined by Rmin and Rmax), it is judged that the image edge points (x_i, y_i) and (y_j, y_j) exist on the same circumference. The flow chart shows an example of r_1.

STEP 9 The found coordinates (x_0, y_0) of the intersection are recorded on the image G (x_0, y_0) as a center candidate point of a circle.

STEP 10 The subsequent j, e.g., j = 3 is taken out of the table stored in STEP 2. The program is returned to STEP 6.

STEP 11 The subsequent i, e.g., i = 3 is taken out of the table stored in STEP 2. The program is returned to STEP 5.

STEP 10 and STEP 11 are repeated until all the combinations of the data stored in STEP 2 are terminated.

END When all the combinations of the data stored in the table are processed, the program is terminated. As a result of the program processing, the image G (x, y) becomes an image having a dense peak value at which center candidate points of the circle are most closely spaced in a center candidate region of the circle, and a center point of the peak value can be extracted as a center point to be found of the circle.

Although in the flow chart shown in Fig. 3, description was made using a method of setting two arbitrary points on a contour line and calculating a combination of the two points over the whole circumference of the contour line, a combination

of points in a case where the difference between respective angles θ_i and θ_j at the points is 0 degree or 180 degrees may be deleted because the accuracies of distances r_i and r_j are low. Further, calculation may be made by only a determined angle difference $|\theta_i - \theta_j|$, for example, 90 degrees or 60 degrees. In this case, the number of combinations is reduced so that the operation time is shortened. Further, in a case where $|\theta_i - \theta_j|$ is 90 degrees, that is, in a figure having a right-angled corner, a center candidate point of a circle appears in a direction at an angle of 45 degrees to a straight line. Therefore, calculation may be made in a combination of points in a case where the difference is in a range of 40 degrees to 80 degrees.

Furthermore, Fig. 4 is a side view of an example in which a tire wheel is incorporated into a wheel hub in a vehicle by a robot or the like using the circular shape extractor according to the present invention, and Fig. 5 is a flow chart showing the example of the incorporation.

In Fig. 4, a wheel hub 10 in which a bolt is mounted on a bolt position 12 is connected to a vehicle body 8 through a spring 9 via a vehicle shaft 11. Here, it is recognized that the wheel hub 10 mounted substantially parallel to the vehicle body 8 is usually produced in a circular shape, and some bodies in the shape of a concentric circle exist on its surface. The wheel hub 10 is picked up by the camera 1, and an image obtained by the pickup is inputted to the image processing device, as described above. The inputted image is processed, to extract

the center of a circle having a rough radius R between the inside and outside of the outer circumference of the wheel hub 10. It is herein assumed that the radius of the wheel hub 10 is between a distance T_1 from the center of the circle to the inside thereof and a distance T_2 from the center of the circle to the outside thereof (100 to 200 mm). The coordinates of a center point extracted in this way is taken as H (x_0, y_0). At this time, the center of the concentric circle on the surface of the wheel hub 10 coincides with the extracted center point H (x_0, y_0). Further, the radius R of the circle is relatively large. Thus, the number of image edge points required to calculate the center point is also large so that the center point can be extracted with high accuracy. Then, the bolt position 12 on the wheel hub 10 is calculated. The center coordinates of the calculated bolt portion 12 are taken as I (x_i, y_i), where i = 1 to P (P = the number of found center points, which is five in the figure). Here, the radius r of a bolt or a hole at the bolt position 12, i.e., approximate T_3 (T_3 = approximately 5 to 10 mm) is extracted using circle extraction. However, the radius to be found is small. Therefore, care should be taken not to extract not only the bolt position but also some other noises.

Furthermore, the distance d_i between the center point H (x_0, y_0) of the wheel hub previously calculated and the center coordinates I (x_i, y_i) of each of the bolt positions is found by the following equation:

$$d_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$$

When the distance d_i and a determined constant T_4 (the distance

from the center point of the hub to the center point of the bolt) are substantially equal to each other, the center coordinates I (x_i, y_i) is judged to be the bolt position 12. If one of the bolt positions 12 can be measured, the tire wheel can be incorporated. That is, an angle θ between the center point H (x_0, y_0) of the wheel hub 10 and the center coordinates I (x_i, y_i) of the bolt position 12 is calculated by the following equation:

$$\theta = \tan^{-1}(y_i - y_0)/(x_i - x_0)$$

An instruction to incline the tire wheel at only the angle θ to the center point H (x_0, y_0) and incorporate the tire wheel may be issued to the robot or the like.

Fig. 5 shows a flow chart.

STEP 1 When a program is first started, a video, i.e., an original image of the wheel hub 10 is inputted from the camera.

STEP 2 The original image in STEP 1 is processed to extract the center of a circle corresponding to the wheel hub 10 as a center point H (x_0, y_0), assuming that a rough radius R between the inside and outside of the outer circumference of the wheel hub 10 satisfies $T_1 < R < T_2$ (T_1 and T_2 = approximately 100 to 200 mm).

STEP 3 The center of a circle having a radius $r \fallingdotseq T_3$ corresponding to the bolt position 12 on the wheel hub 10 is extracted and is taken as center coordinates I (x_i, y_i), where $i = 1 \sim P$.

STEP 4 The distance di between the center

coordinates I (x_i, y_i) of the bolt position 12 and the center point H (x_0, y_0) extracted in STEP 2 is calculated. When $d_i \fallingdotseq T_4$, the center coordinates I (x_i, y_i) are judged to be the bolt position 12. An angle θ between the center coordinates I (x_i, y_i) and the center point H (x_0, y_0) is found.

STEP 5 The tire wheel is incorporated in conformity with the angle θ to the center point H (x_0, y_0).

END When the incorporation of the time wheel is terminated, the program is also terminated.

The coordinates x and y, for example, described in the present invention are on a coordinate system in the image processing device. For example, the incorporation of the tire wheel into the wheel hub, described above, must be performed through conversion into a real coordinate system (a conversion equation is omitted because it is widely known).

[Effect of the Invention]

As described in the foregoing, according to the present invention, a circular shape extractor is so configured as to input a circular body as a gray image to extract all edge points in a gray boundary of the image, calculate the respective distances between the coordinates of an intersection of straight lines inclined at angles θ at two of the edge points and the coordinates of the two edge points to extract the intersection as an image at the center of a circle when both the distances are substantially equal to each other, moving to the subsequent edge point, and similarly extracting the other edge points to estimate the center and the radius of the

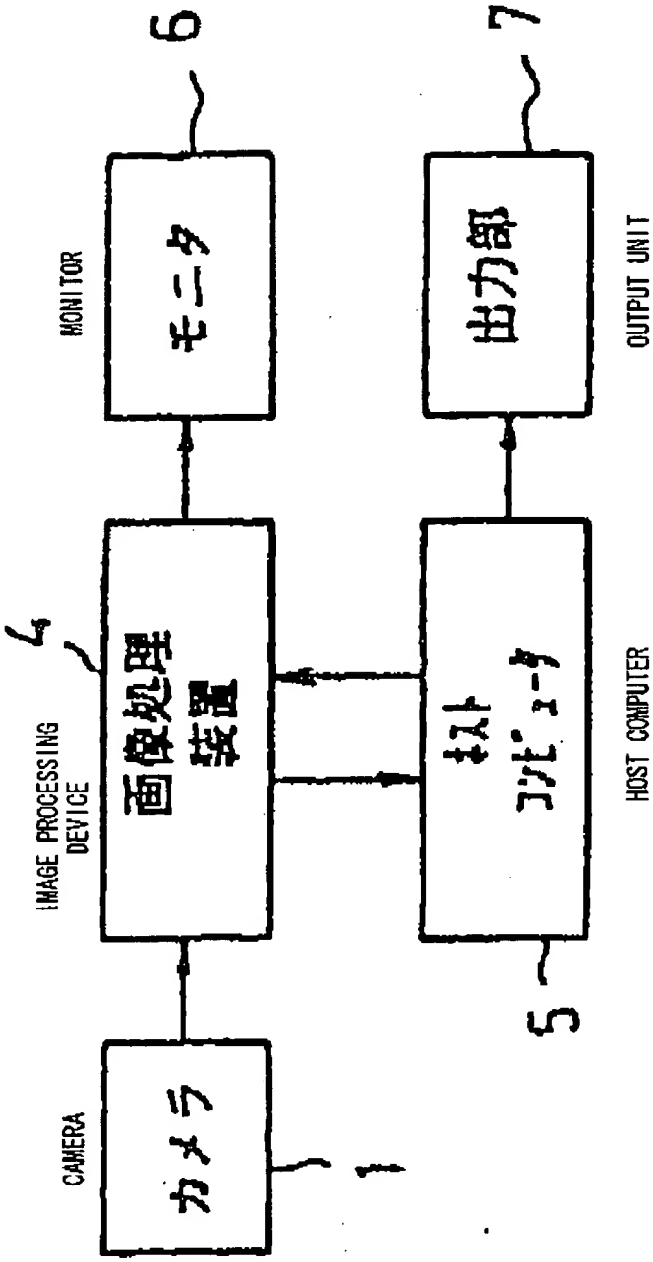
circular body. Even if the radius is not known, therefore, the circle can be extracted. Edge components other than the circle, for example, a straight line and an isolated point are not recorded, resulting in an improved extraction rate of the circle. Further, only one processing is required with respect to circles having different radii. A semicircular object to be processed whose shape is partially chipped from a circle can be extracted using circle extraction. Therefore, there can be provided a circular shape extractor being significantly useful and being thus accurate and efficient.

4. Brief Description of Drawings

Fig. 1 is a block diagram of a circular shape extractor according to the present invention; Fig. 2 is an explanatory view in a case where a center candidate point of a circle is calculated; Fig. 3 is a flow chart showing an example of calculating a center candidate point of a circle; Fig. 4 is an explanatory view in a case where a center point of a circle of a wheel hub and the radius and the position of a bolt are calculated; Fig. 5 is a flow chart showing an example of mounting a tire wheel; Figs. 6 (a), 6 (b), and 6 (c) are explanatory views in a case where the center is calculated by conventional binary image processing; Fig. 7 is a block diagram of a conventional circle center extractor; Fig. 8 (a) and 8 (b) are explanatory views in a conventional case where a center candidate point of a circle is calculated; Fig. 9 is a flow chart showing a conventional example of calculating a center candidate point of a circle; and Fig. 10 is a diagram showing

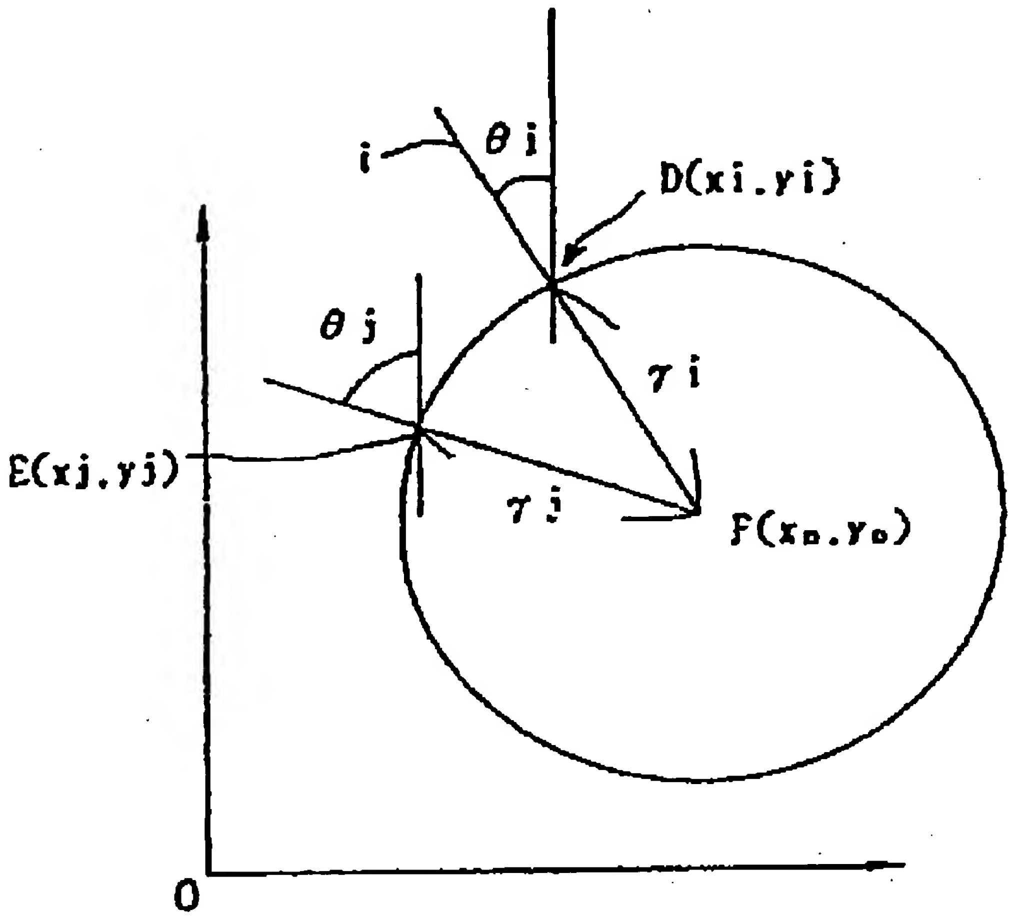
the process of processing and recording an original image.

In the drawings, reference numeral 1 denotes a camera, 2 denotes a circular object to be processed, 3 denotes a pixel, 4 denotes an image processing device, 5 denotes a host computer, 6 denotes a monitor, 7 denotes an output, 8 denotes a vehicle body, 9 denotes a spring, 10 denotes a wheel hub, 11 denotes a vehicle shaft, and 12 denotes a bolt position.



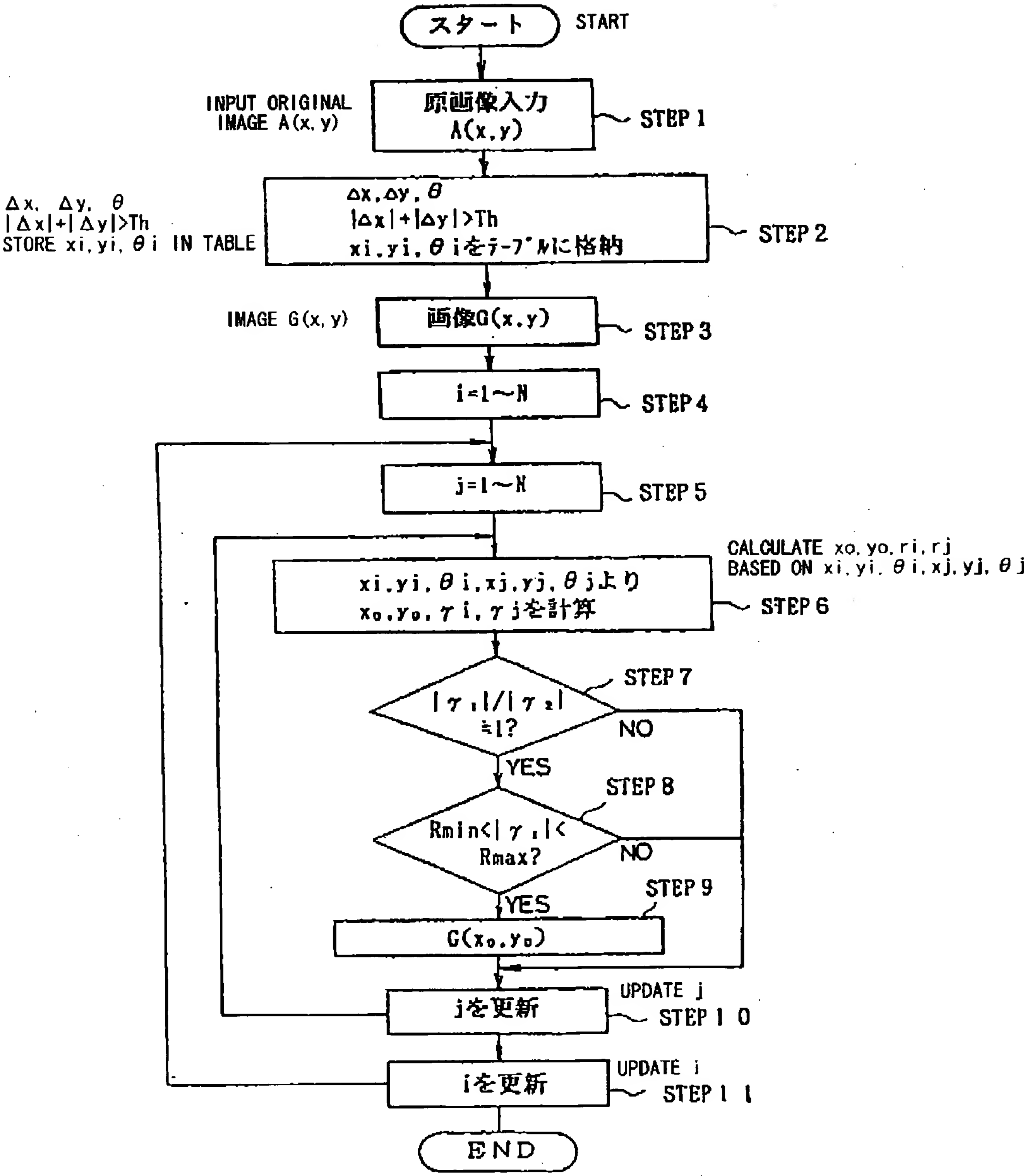
カメラ
CAMERA
1
画像処理装置
IMAGE PROCESSING DEVICE
4
ホストコンピュータ
HOST COMPUTER
5
モニタ
MONITOR
6
出力部
OUTPUT UNIT
7

第1図
Fig.1

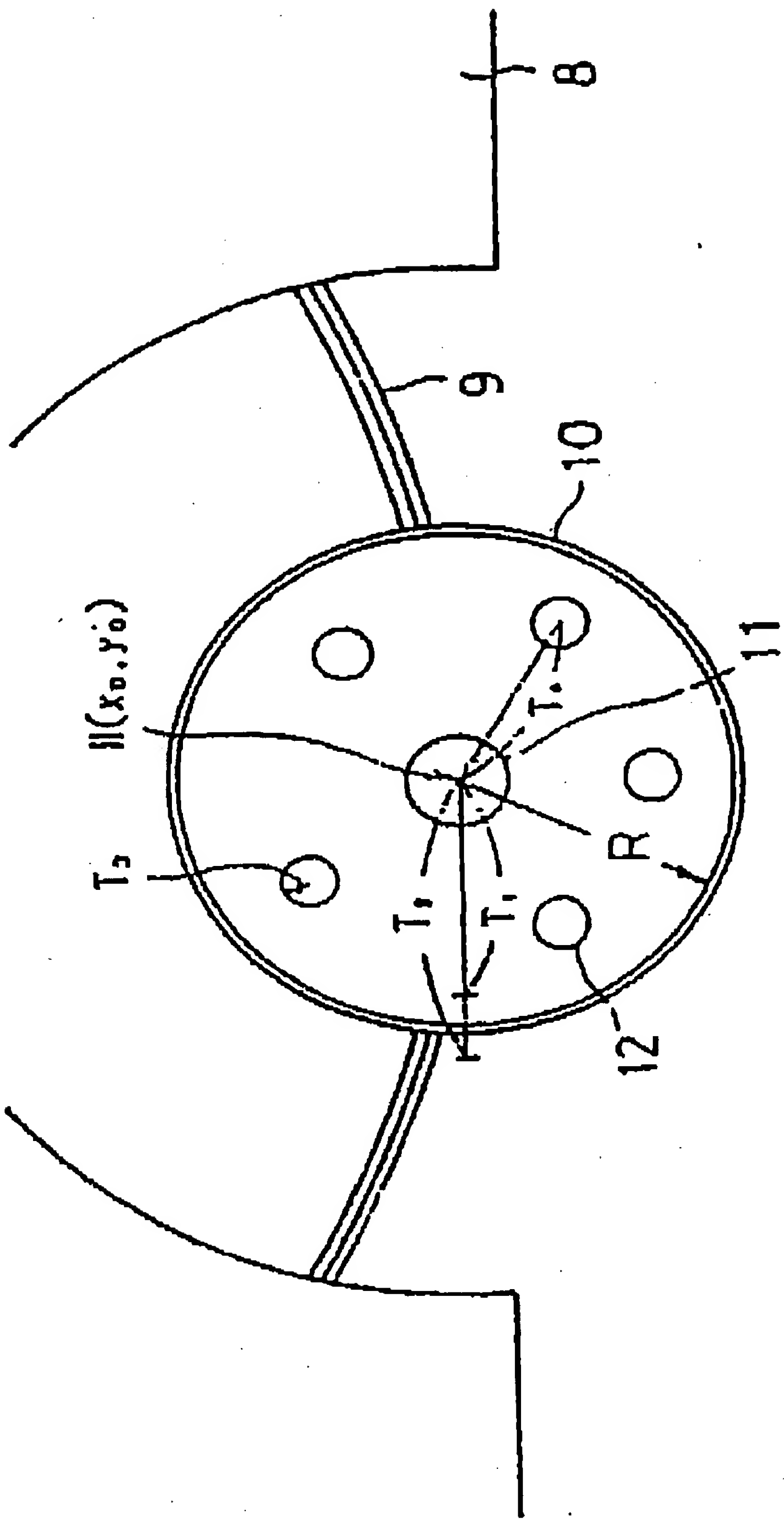


第 2 図

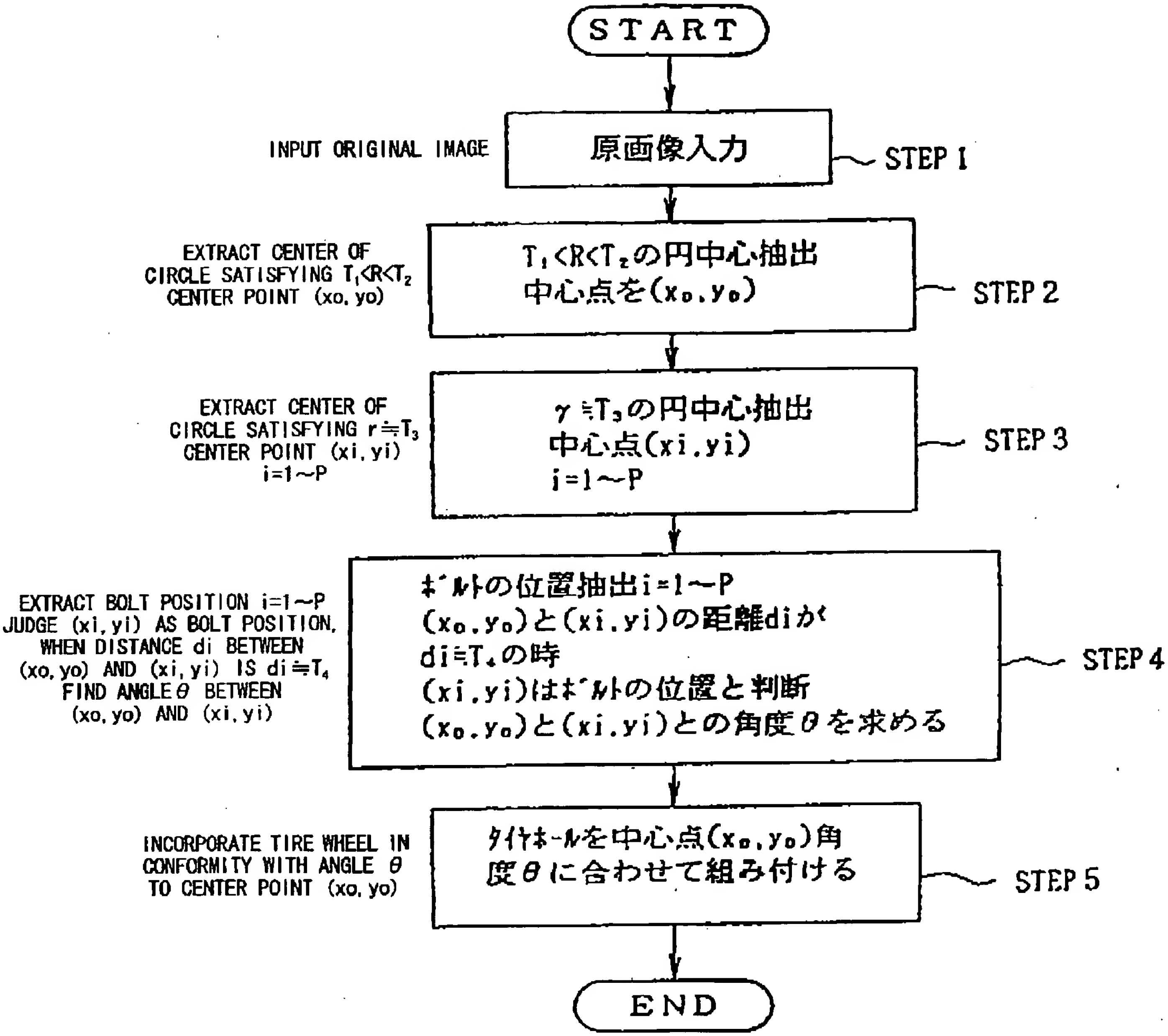
Fig. 2


スタート
START
INPUT ORIGINAL IMAGE A(x, y)
原画像入力 A(x,y)
STEP 1
Δx, Δy, θ
|Δx|+|Δy|>Th
STORE xi, yi, θi IN TABLE
Δx,Δy,θ
|Δx|+|Δy|>Th
xi,yi,θiをテーブルに格納
STEP 2
IMAGE G(x, y)
画像G(x,y)
STEP 3
i=1～N
STEP 4
j=1～N
STEP 5
CALCULATE xo, yo, ri, rj BASED ON xi, yi, θi, xj, yj, θj
xi,yi,θi,xj,yj,θjより
xo,yo,γi,γjを計算
STEP 6
STEP 7
|γ1|/|γ2| ≒1?
NO
YES
STEP 8
Rmin<|γ1|< Rmax?
NO
YES
STEP 9
G(xo,yo)
UPDATE j
jを更新
STEP 10
UPDATE i
iを更新
STEP 11
END

第 3 図
Fig. 3

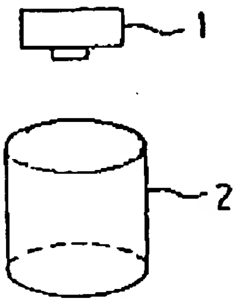


第4図
Fig.4

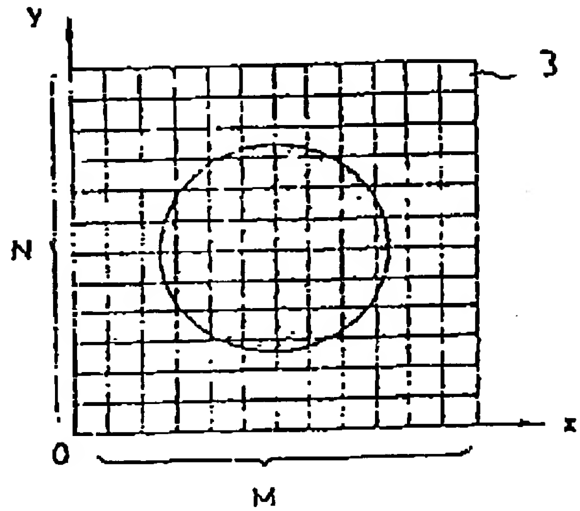

START
INPUT ORIGINAL IMAGE
原画像入力
STEP 1
EXTRACT CENTER OF CIRCLE SATISFYING $T_1<R<T_2$ CENTER POINT (xo, yo)
$T_1<R<T_2$の円中心抽出
中心点を(x_o, y_o)
STEP 2
EXTRACT CENTER OF CIRCLE SATISFYING $r \fallingdotseq T_3$ CENTER POINT (xi, yi) i=1～P
$\gamma \fallingdotseq T_3$の円中心抽出
中心点(xi, yi)
i=1～P
STEP 3
EXTRACT BOLT POSITION i=1～P JUDGE (xi, yi) AS BOLT POSITION, WHEN DISTANCE di BETWEEN (xo, yo) AND (xi, yi) IS $di \fallingdotseq T_4$ FIND ANGLE θ BETWEEN (xo, yo) AND (xi, yi)
ボルトの位置抽出i=1～P
(x_o, y_o)と(xi, yi)の距離diが
$di \fallingdotseq T_4$の時
(xi, yi)はボルトの位置と判断
(x_o, y_o)と(xi, yi)との角度θを求める
STEP 4
INCORPORATE TIRE WHEEL IN CONFORMITY WITH ANGLE θ TO CENTER POINT (xo, yo)
タイヤホールを中心点(x_o, y_o)角度θに合わせて組み付ける
STEP 5
END

第 5 図

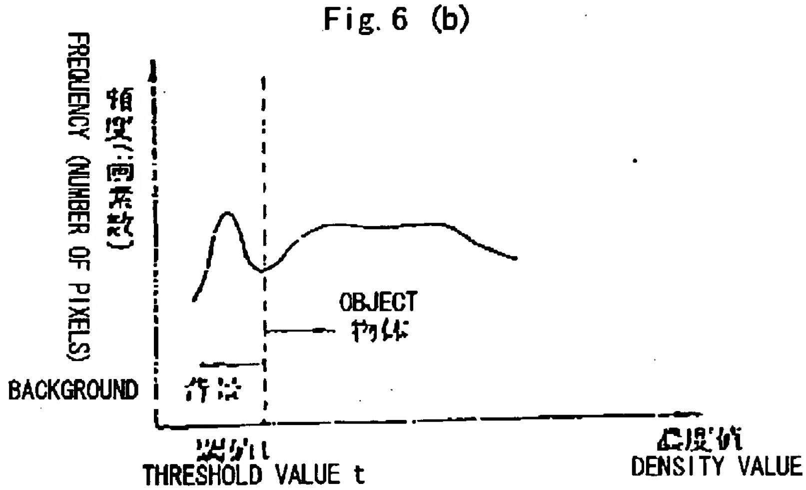
Fig. 5



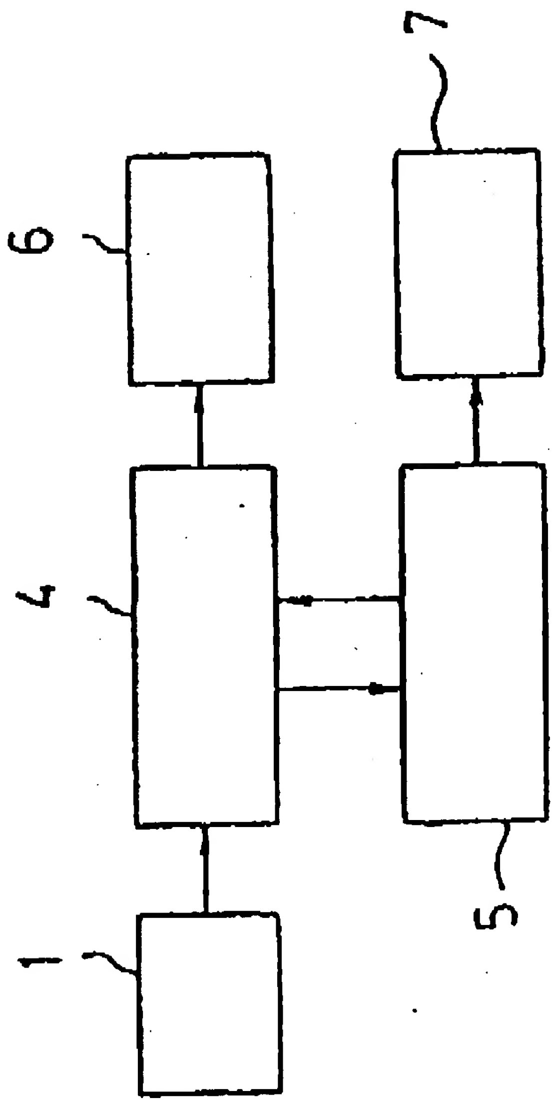
第 6 図 (a)
Fig. 6 (a)



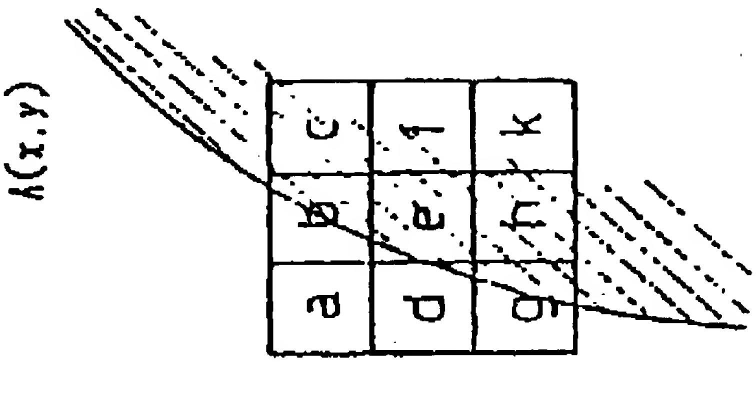
第 6 図 (b)
Fig. 6 (b)



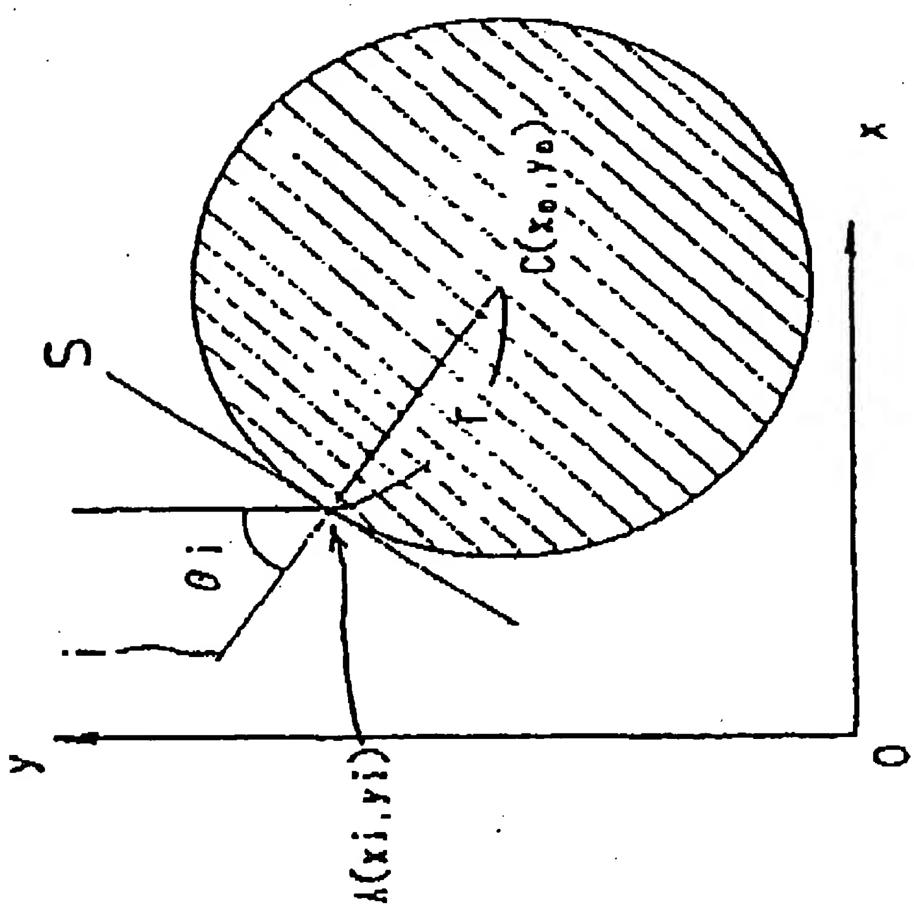
第 6 図 (c)
Fig. 6 (c)



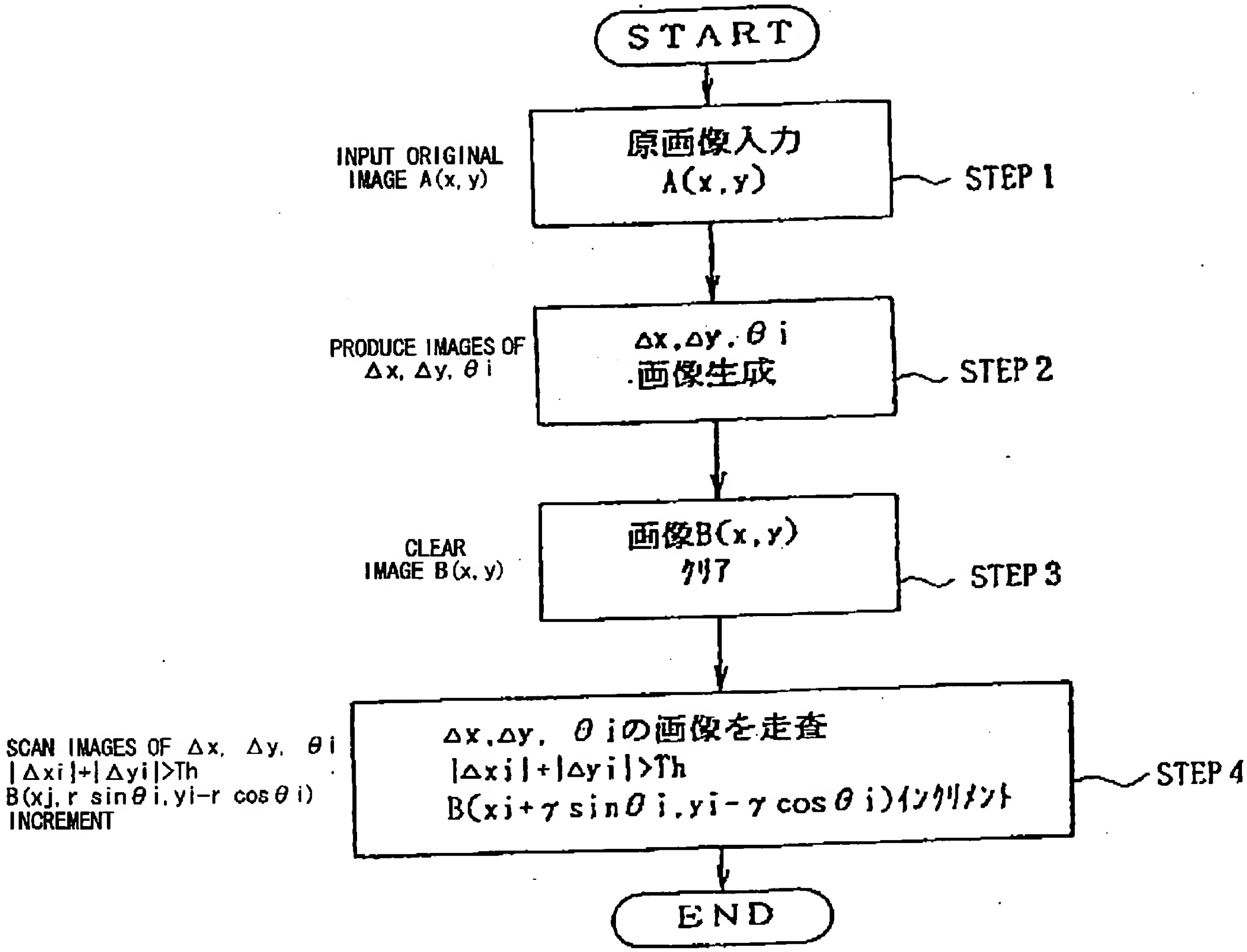
第 7 図
Fig. 7



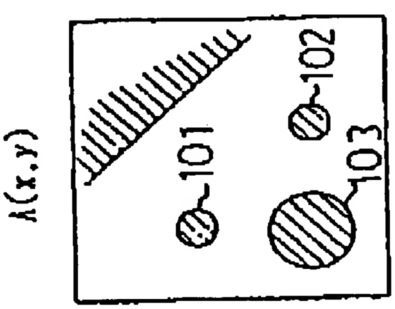
第8図 (b)
Fig.8 (b)



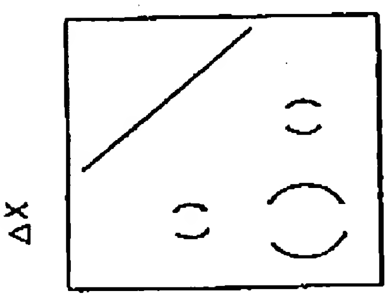
第8図 (a)
Fig.8 (a)


START
INPUT ORIGINAL IMAGE A(x, y)
原画像入力
A(x,y)
STEP 1
PRODUCE IMAGES OF Δx, Δy, θi
Δx,Δy,θi
画像生成
STEP 2
CLEAR IMAGE B(x, y)
画像B(x,y)
ｸﾘｱ
STEP 3
SCAN IMAGES OF Δx, Δy, θi
|Δxi|+|Δyi|>Th
B(xj, r sinθi, yi−r cosθi)
INCREMENT
Δx,Δy, θiの画像を走査
|Δxi|+|Δyi|>Th
B(xi+γsinθi,yi−γcosθi)ｲﾝｸﾘﾒﾝﾄ
STEP 4
END

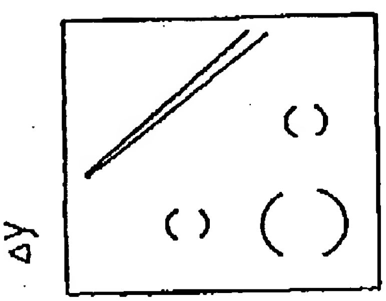
第 9 図
Fig. 9



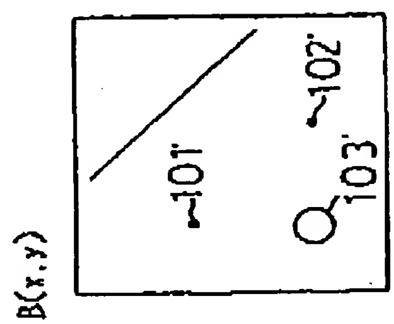
第10図(a)
Fig. 10 (a)



第10図(b)
Fig. 10 (b)



第10図(c)
Fig. 10 (c)



第10図(d)
Fig. 10 (d)

⑲日本国特許庁（JP）　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報（A）　平3－239902

⑮Int. Cl.⁵	識別記号		庁内整理番号
G 01 B 11/00		D	7625－2F
		H	7625－2F
11/08		H	7625－2F
G 06 F 15/62	400		8419－5B
15/70	330	M	9071－5B

㊸公開　平成3年(1991)10月25日

審査請求　未請求　請求項の数　1　（全9頁）

㊹発明の名称　円形状抽出装置

㉑特　願　平2－36226

㉒出　願　平2(1990)2月19日

⑫発明者　畠宗　千典　神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地　日産自動車株式会社内

㉑出願人　日産自動車株式会社　神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

㉔代理人　弁理士　三好　秀和　外1名

明　細　書

1．発明の名称

円形状抽出装置

2．特許請求の範囲

(1)　円形状物を濃淡の画像として入力し該画像の濃淡境界のすべてのエッジ点を抽出し、該エッジ点のうちのある2点における角度θの傾き直線の交点の座標と該2点の座標との間の距離を算出して両距離が略等しくなるとき前記交点を円の中心画像として抽出して次のエッジ点に移行し、他のエッジ点について同様の抽出を行うことにより前記円形状物の中心及び半径を推定することを特徴とする円形状物抽出装置。

3．発明の詳細な説明

［発明の目的］

（産業上の利用分野）

本発明は、円および円形状の中心点を抽出する手法に関し、特に、産業用ロボットなどに併設接続されたカメラから円および円形状の輪郭を有する製造対象物の画像を入力し、その画像をコンピュータにより処理して、その円および円形状の中心点を抽出し該ロボットなどへの指示に利用できる手法装置に関するものである。

（従来の技術）

最近、人間と同じ視覚を持つカメラを産業用ロボットと併設接続し、加工組立等の製造対象物の形状や位置などを認知・計測させ、柔軟性のある加工組立作業を可能としたいわゆる人口知能を有する産業用ロボットが、人間の作業の代行機械として生産工程に多数採用されている。ところで、このような生産工程の中の産業ロボットカメラに入力する製造対象物の視覚画像の情報処理方法としては、2値画像処理方法が広く用いられている。（例えば、特開昭62－34004号公報参照）この2値画像処理方法は、以下に記述するような方法である。第6図(a)に示すようにカメラ1によって例えば被加工物2を写し、この画像をコンピュータに入力し、入力されたこの画像をx軸方向にM個，y軸方向にN個の画像に分解する。この結果、被加工物は、第6図(b)に示すように、画素

3のM×N個の集合した平面座標で、斜線を付した図形として表示できる。つぎに、画素3の濃度値とその濃度値に対する画素3の数のヒストグラムを求めると同時にコンピュータ処理すると、第6図(c)に示すように背景に相当するピークと被加工物2に相当するピークとが現われる。この二つのピークの間の谷のところの濃度値を閾値tとして画像処理の基準濃度とする。各画素ごとにこの閾値tより濃度が大きいか小さいかを判別して、もし、大きければ画素3に対応するメモリを1に、小さければメモリを0にセットする。すなわち、2値画像処理とは、被加工物の各画素ごとの濃度値が閾値tよりも大きいか小さいかによって各画素に対応したメモリを1か0にセットする画像処理法である。

以上に説明したような2値画像処理を用いて被加工物の円の中心を抽出する従来の円の中心抽出手法としては、一般化Hough変換による第7図～第10図に示すような方法がある。第7図は、円中心抽出装置のブロック図である。まず、構成を説明する。一部重複説明することにになるが、被加工物2を撮像するカメラ1と撮像された画像を2値画像処理して各画素ごとの光度レベルすなわち濃度値に変換し、かつ、デジタル信号データとしてホストコンピュータ5に転送、あるいは、円の中心を算出、または、モニタ6に画像データを出力したりする画像処理装置4と画像処理装置4からの受信データを計算処理し、制御信号として画像処理装置4に送信したり、あるいは、外部に出力部7から出力したりするホストコンピュータ5より構成されている。

つぎに、この従来の画像処理法の作用について第8図～第10図をも参照して説明する。

カメラ1から円形輪郭線や直線を含んだ被加工物の映像すなわち原画像A（x，y）が、画像処理装置4に入力されると2値画像処理により画素3に分解され輪郭線が算出される。例えば、算出された輪郭線が円であったと仮定すると第8図(a)に示すように、x，y軸の平面座標上に表示できる。そこで輪郭線上に任意の一点すなわちA（x_i，y_i）を設定し、このA（x_i，y_i）を通る接線Sおよび接線Sと直交する直線（法線）iさらにこの直線iの方向を示す角度θ_iを算出する。つぎに、第8図(b)に示すように、原画像A（x，y）のA（x_i，y_i）に3×3の空間フィルタをかけ、各画素ごとに縦方向の一次微分値Δy_iと横方向の一次微分値Δx_iおよび$\theta_i = \tan^{-1}\Delta y_i / \Delta x_i$を求める。なお、第8図(b)で空間フィルタをかけられた各画素は、$a = A(x_i - 1, y_i - 1)$，$b = A(x_i, y_i - 1)$，…$k = A(x_i + 1, y_i + 1)$で示され、$\Delta x = a + b + g - c - f - k$，$\Delta y = a + b + c - g - h - k$，$\theta_i = \tan^{-1}\Delta y_i / \Delta x_i$として表わされる。

この結果、θ_iは、A（x_i，y_i）における画素3の濃度勾配の方向を表わすとともに、例えば、A（x_i，y_i）が画像エッジ（即ち濃淡の境界）点上に存在した場合には、画像エッジ方向に対し直交する方向を示すこととなる。したがって、画像エッジ点が円の円周上に存在すれば、A（x_i，y_i）を通る角度θ_iの直線iは、円の中心C（x_0，y_0）を通ることとなる。ここで、半径rが一定で既知であるならば、A（x_i，y_i）および角度θ_iよりC（x_0，y_0）は

$$x_0 = x_i + r\sin\theta_i$$
$$y_0 = y_i - r\cos\theta_i$$

の式により中心候補点として求められる。このようにしてΔx，Δyがある値（別に定める）すなわち閾値Th以上の時、A（x_i，y_i）は画像エッジ点であると判断して、前もってクリアされた画像B（x，y）にC（x_0，y_0）の点を記録する。このような処理を原画像A（x，y）の画面全体にわたって行なうと画像B（x，y）には、円の中心付近に中心候補点が最も多く集まり大きな値（理想的には円周上に画素の個数）を持つ画像が得られ、この値の中心点を求める円の中心点として抽出することができる。また、この画像B（x，y）を2値画像処理による別に定める一定の閾値tにより2値化すれば、円が抽出できる。この処理方法は、一部が欠けた円の抽出に非

常に有効な方法である。

第9図にこの従来例のフローチャートを示す。

STEP1　まず、プログラムがスタートするとカメラ1から円形輪郭線や直線を含んだ被加工物2の映像すなわち原画像A（x，y）が入力される。この際、原画像A（x，y）は、2値画像処理法により画素3に分解され、円形輪郭線や直線も画像3の濃度差に変換算出される。

STEP2　つぎに、各画素3ごとに縦方向の一次微分値Δy_iと横方向の一次微分値Δx_iおよび角度$\theta_i = \tan^{-1}\Delta y_i / \Delta x_i$を求め$\Delta x_i$，$\Delta y_i$，$\theta_i$の画像を作成する。

STEP3　画像B（x，y）に記録されていた前段階の画像を消去（クリア）して画像B（x，y）にする。

STEP4　STEP2で得られたΔx_i，Δy_i，θ_iの画像を走査しながら、$|\Delta x_i| + |\Delta y_i| >$閾値Thであるならば、B（x，y）にC（$x_c$，$y_c$）の点の座標$x_c = x_i + r \sin \theta_i$，$y_c = y_i - r \cos \theta_i$を順次記録して画像B（x，y）を完成させる。

第10図は、第9図のフローチャートを図で示したもので、(a)図の原画A（x，y）からΔxの(b)図、Δyの(c)図を得て、最後に例えば原画中の像101，102及び103を(d)図の画像B（x，y）において円の中心候補画像として101′，102′および103′を得るようにして、順次記録される経過を表わす。

このようにして、画像中の円の中心位置が求まれば半径が既知故に円が抽出でき円成分の位置が正しく認識され、これによりロボット等に正しい作業指示を与えることが可能となるものである。

（発明が解決しようとする課題）

しかしながら、このような従来の円の中心抽出手法にあっては、被加工物など対象物の濃淡画像から輪郭線画像を算出し、この輪郭線画像上に任意の一点を定め、この点を通る接線と法線を求め、これと外部より指定入力される円の半径の値を情報として順次輪郭線全周にわたって処理、記憶させ、円の中心候補点の最密集点を指定半径の円の中心とする手法を採用していたため、求まる円の半径が既知であることが必要であるという問題点があった。また、画像中で異なる半径の円を誤って抽出する危険性および直線やます目状の形状もノイズとして抽出するため、これらが含まれた複雑な形状では抽出率が低下する等の問題点があった。

この発明は、このような従来の問題点に着目し半径が既知でなくとも、また複雑な形状を円として誤った推定をすることない円形状抽出装置を提供し、もって前記問題点を解決することを目的としている。

【発明の構成】

（課題を解決するための手段）

この発明は、前記目的を達成するため、円形状物を濃淡の画像として入力し該画像の濃淡境界のすべてのエッジ点を抽出し、該エッジ点のうちのある2点における角度θの傾き直線の交点の座標と該2点の座標との間の距離を算出して両距離が略等しくなるとき前記交点を円の中心画像として抽出して次のエッジ点に移行し、他のエッジ点について同様の抽出を行うことにより前記円形状物の中心及び半径を推定することを特徴とするものである。

（作用）

エッジ点2点の角度θの傾き直線はその点の法線であり、もし2点が円周上にあれば両法線の交点は円の中心となり、交点と当該エッジ点の距離は半径となる。従って、円周上の2点を選んだときのみ中心画像候補として記録されインクリメントして次に移行するので、誤った推定をすることはない。しかも半径が既知でなくとも中心が抽出されるので、便利であり、又、この半径も算出推定されるので極めて便利である。

（実施例）

以下、この発明の一実施例を第1図～第5図に基づいて説明する。第1図は、この発明による円形状抽出装置の一実施例を示すブロック図である。まず構成を説明すると、被加工物2を撮像するカメラ1と撮像された画像と2値画像処理して

各画像3ごとの濃淡画像として濃度値に変換し、デジタル信号のデータとしてホストコンピュータ5に転送、あるいは円の中心を算出し、またはモニタ6に画像データを出力したりする画像処理装置4と画像処理装置4からの受信データを計算処理し、制御信号として画像処理装置4に送信したり、あるいは、外部に出力部7から出力したりするホストコンピュータ5より構成されている。

つぎに、前記画像処理の基本的作用を第2図及び第3図を参照しつつ説明する。

カメラ1から円形輪郭線や直線を含んだ例えば被加工物の映像すなわち原画像A（x，y）が入力されると2値画像処理により複数個の画素に分解され輪郭線が算出される。算出された輪郭線が円であったと仮定すると第2図に示すようにx軸，y軸の平面座標上に表示できる。ここで、輪郭線上に任意の2点をD（x_i，y_i）とE（x_j，y_j））と定め、それぞれΔx，yの一次微分値の大きさがある値（別に定める）すなわち閾値Th以上あるとするとこの2点D（x_i，y_i）とE（x_j，y_j）は、画像エッジ点（濃淡境界点）であると判断される。輪郭線上の他のすべての点も上述のようにしてエッジ点と判断されているとする。次にD（x_i，y_i），E（x_j，y_j）を通り画像エッジ方向と直交する方向を示す角度θ_iと角度θ_jをそれぞれ算出する。つぎに、Δx，Δyとこれらの算出結果から、D（x_i，y_i）を通り角度θ_iを有する直線iとE（x_j，y_j）を通り角度θ_jを有する直線jとは、円の内側で交わる交点すなわちF（x_0，y_0）を定めることができる。さらに、D（x_i，y_i）とF（x_0，y_0）との距離r_i，E（x_j，y_j）とF（x_0，y_0）との距離r_jとすると交点すなわちF（x_0，y_0）の座標は、それぞれ

$$x_0 = x_i + r_i \sin\theta_i$$
$$y_0 = y_i - r_i \cos\theta_i$$
$$x_0 = x_j + r_j \sin\theta_j$$
$$y_0 = y_j - r_j \cos\theta_j$$

で表わすことができる。この式よりD（x_i，y_i）とF（x_0，y_0）との距離r_iとE（x_j，y_j）とF（x_0，y_0）との距離r_jは、

$$x_0 = (y_i - y_j + x_i \cot\theta_i - x_j \cot\theta_j) / (\cot\theta_i - \cot\theta_j)$$
$$y_0 = (x_i - x_j + y_i \tan\theta_i - y_j \tan\theta_j) / (\tan\theta_i - \tan\theta_j)$$
$$r_i = (-x_i + x_j + (y_j - y_i) \tan\theta_j) / (\sin\theta_i - \cos\theta_i \cdot \tan\theta_j)$$
$$r_j = (x_i - x_j + (y_i - y_j) \tan\theta_i) / (\sin\theta_j - \cos\theta_j \cdot \tan\theta_i)$$

として求まる。ここでもしD（x_i，y_i）E（x_j，y_j）とが同一円上に存在するとすれば、

$r_i = r_j =$ 半径

となる。したがって、輪郭線上の任意の2点を一組としてインクリメントし次々と輪郭線の全周について上部の計算を行ないその結果がr_i，r_jの値をとる時のみF（x_0，y_0）を円の中心候補点とすることができる。このようにして算出されたF（x_0，y_0）を前もってクリアされた画像G（x，y）に記録する。

第3図にフローチャートを示す。

SETP1　まず、プログラムがスタートするとカメラ1から円形輪郭線や直線を含んだ被加工物の映像すなわち原画像A（x，y）が入力される。この際、原画像A（x，y）は、2値画像処理法により数画素に分解され、円形輪郭線や直線も画像の濃淡画像に変換され数値化される。つぎに、分解された画素の各画素ごとに横方向の一次微分値Δx_i，縦方向の一次微分値Δy_iと$\tan^{-1}\Delta y/\Delta x$から角度$\theta_i$を求める。これと同時に、各画素ごとの|Δx|+|Δy|を計算し、この値がある一定の値（別に定める）すなわち閾値Thより大きい時、この値を持った座標（x_i，y_i）は、画像エッジ点であると判断され、この座標のx_i，y_i，θ_iがテーブルに格納される。このテーブルには例えばx_1，y_1，θ_1，x_2，y_2，θ_2，x_3，y_3，θ_3，〜x_N，y_N，θ_Nのように各画素ごとの算出値をグループとして格納する。

ＳＴＥＰ３　画像Ａ（ｘ，ｙ）に記録されている前段階の画像を消去（クリア）して画像Ｇ（ｘ，ｙ）にする。

ＳＴＥＰ４　ＳＴＥＰ２で格納されたテーブルからｉ＝１～Ｎのデータを取り出す。

ＳＴＥＰ５　ＳＴＥＰ２で格納されたテーブルからｊ＝１～Ｎのデータを取り出す。

ＳＴＥＰ６　ＳＴＥＰ４およびＳＴＥＰ５のデータのすべての組合せを作成し、例えば、ＳＴＥＰ４の画像エッジ点（x_i，y_i，θ_i）とＳＴＥＰ５の画像エッジ点（x_j，y_j，θ_j）から、交点の座標x_0，y_0，交点の座標x_0，y_0から画像エッジ点（x_i，y_i）までの距離r_i，交点の座標x_0，y_0から画像エッジ点（x_j，y_j）までの距離r_jを求める。

ＳＴＥＰ７　ＳＴＥＰ６で算出された距離r_iと距離r_jとを比較し、$r_i / r_j \fallingdotseq 1$の時は、次のステップに進む。フローチャートではｉ＝１およびｊ＝２の例を示す。

ＳＴＥＰ８　ＳＴＥＰ７で比較されたr_iの大きさがある範囲内（R_{min} とR_{max} で別に定める）にあれば、画像エッジ点（x_i，y_i），（x_j，y_j）は、同一の円周上に存在すると判断する。フローチャートでは、r_iの例を示す。

ＳＴＥＰ９　求められた交点座標（x_0，y_0）を、円の中心候補点として画像Ｇ（x_0，y_0）に記録する。

ＳＴＥＰ１０　ＳＴＥＰ２で格納されたテーブルから次のｊ，例えばｊ＝３を取り出しＳＴＥＰ６に戻る。

ＳＴＥＰ１１　ＳＴＥＰ２で格納されたテーブルから次のｉ，例えば、ｉ＝３を取り出しＳＴＥＰ５に戻る。

なお、ＳＴＥＰ１０とＳＴＥＰ１１は、ＳＴＥＰ２に格納したデータのすべての組み合せが終了するまで繰り返される。

ＥＮＤ　テーブルに格納されたデータのすべての組み合せが処理されるとプログラムが終了する。このプログラム処理の結果、画像Ｇ（ｘ，ｙ）は、円の中心候補領域に円の中心候補点がもっとも密集した密度の高いピーク値を有する画像となり、このピーク値の中心点を求める円の中心点として抽出することができる。

なお、第３図のフローチャートでは、輪郭線上に任意の２点を設定し、２点の組み合せを輪郭線全円にわたって計算処理する方法で説明したが、角度θ_iと角度θ_jの差が０°，１８０°の組み合せは、距離r_iと距離r_jの精度が低いので削除したほうがよい。また、$|\theta_i - \theta_j|$が、９０°または６０°とかのようにある決まった角度差のみで計算してもよい。この場合は、組み合せ数が減るため演算時間が短かくなる。さらに、$|\theta_i - \theta_j|$が９０°の時、すなわち直角コーナを持った図形では、直線に対し４５°の方向に円の中心候補点が現われるため４０°－８０°程度の差を有する点の組み合せで算出するとよい。

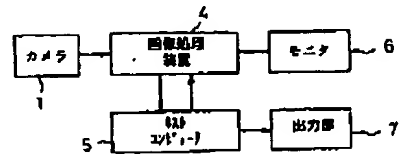
さらに、第４図に、本発明に基づく円形状抽出装置を用いて、車両のホイール・ハブにタイヤホイールをロボット等によって組み付ける実施例の側面図を示し、第５図に該組み付け実施例のフローチャートを示す。

第４図において、ボルト位置１２にボルトが取り付けられるホイール・ハブ１０は、車軸１１を経てスプリング９を介して車体８に連結されるように構成されている。ここで、車体８と大略平行に取り付けられているホイール・ハブ１０は、通常、円形に製作されその表面にはいくつかの同心円形状の物体が存在する事が認められる。このようなホイール・ハブ１０をカメラ１が撮像してその画像が前述のように画像処理装置に入力される。入力された画像を処理してホイール・ハブ１０の外周をはさむ大略の半径Ｒの円の中心を抽出する。ここで、ホイール・ハブ１０の半径を内側までの距離T_1と外側までの距離T_2（１００～２００mm）の間にあるものとする。このようにして抽出された中心点の座標をＨ（x_0，y_0）とする。この時、ホイール・ハブ１０の表面の同心円の中心は、すべてこの抽出された円の中心点Ｈ（x_0，y_0）と一致するため、また、円の半径Ｒが比較的大きいため、中心点算出に必要な画像エッジ点

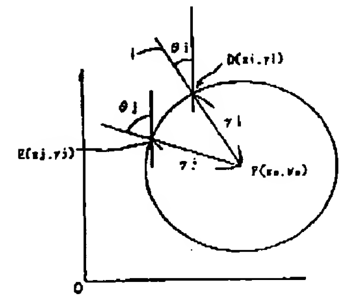
明図、第７図は、従来の円の中心抽出装置のブロック図、第８図(a)，(b)は、従来の円の中心候補点を算出する場合の説明図、第９図は、従来の円の中心候補点を算出するフローチャート、第１０図は、原画が画像処理され記録される経過を示す図である。

１…カメラ，２…対象の円形状物，３…画素，４…画像処理装置，５…ホストコンピュータ，６…モニタ，７…出力，８…車体，９…スプリング，１０…ホイール・ハブ，１１…車軸，１２…ボルト位置。

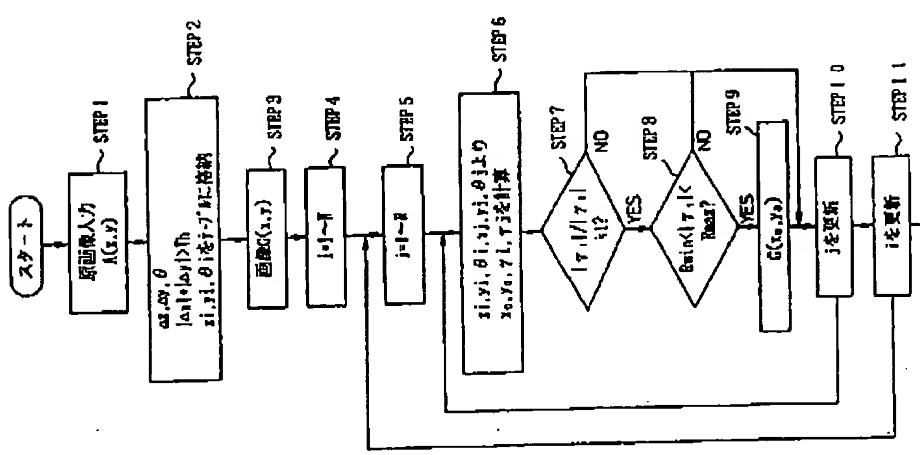
代理人　弁理士　三　好　秀　和



第１図



第２図



第３図

の数も多く精度高く抽出できる。つぎに、ホイール・ハブ10の上のボルト位置12を算出する。算出された中心座標I(x_i, y_i), i=1～P(P=求められた中心点の個数、図では5個)とする。ここでボルト位置12のボルト又は穴の半径rすなわち近似のT_3(T_3≒5～10mm位)の円抽出をするが、求める半径が小さいため、ボルト位置ばかりでなく他のいくつかのノイズも抽出する可能性があり注意しなければならない。

さらに、先に算出されたホイール・ハブの中心点H(x_0, y_0)と各ボルト位置の中心座標I(x_i, y_i)との距離d_iを

$$d_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$$

で求め、この距離d_iと定められた定数T_4(ハブの中心点からボルトの中心点までの距離)とが、大略等しい時、中心座標I(x_i, y_i)をボルト位置12と判断する。なお、ボルト位置12は、1ケ所計測できればタイヤの組み付けが可能である。すなわち、ホイール・ハブ10の中心点H(x_0, y_0)とボルト位置12の中心座標I(x_i, y_i)との角度θを

$$\theta = \tan^{-1}(y_i - y_0)/(x_i - x_0)$$

で算出し、タイヤホイールを中心点H(x_0, y_0), 角度θだけ傾けて組み付けるようにロボット等に指示すればよいこととなる。

第5図にそのフローチャートを示す。

STEP1　まず、プログラムがスタートするとカメラからホイール・ハブ10の映像すなわち原画像が入力する。

STEP2　STEP1の原画像を画像処理してホイール・ハブ10の外周をはさむ大略の半径Rを$T_1 < R < T_2$(T_1～T_2=100～200mm位)として、ホイール・ハブ10に相当する円の中心を抽出し、中心点H(x_0, y_0)とする。

STEP3　ホイール・ハブ10の上のボルト位置12に相当する半径r≒T_3の円の中心を抽出し中心座標I(x_i, y_i) i=1～Pとする。

STEP4　ボルト位置12の中心座標I(x_i, y_i)とSTEP2で抽出された中心点H(x_0, y_0)との距離d_iを算出し、d_i≒T_4の時、中心座標I(x_i, y_i)をボルト位置12と判断し、この中心座標I(x_i, y_i)とH(x_0, y_0)との角度θを求める。

STEP5　タイヤホイールを中心点H(x_0, y_0), 角度θに合わせて組み付ける。

END　タイヤホイールの組み付けが終了するとプログラムも終了する。

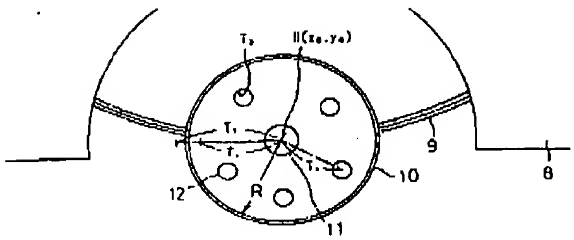
なお、本発明で説明した座標x, y等は、画像処理装置での座標系であり、例えば、上記に説明したホイール・ハブへのタイヤホイールの組み付けは、実座標系へ変換(変換式は広く知られているので省略)して行なう必要がある。

〔発明の効果〕

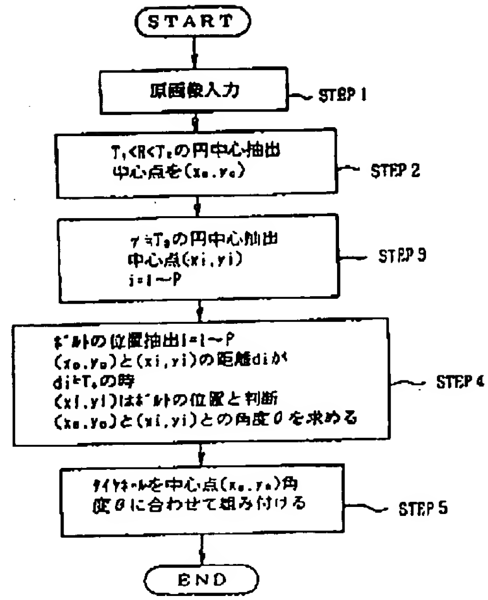
以上説明してきたように、この発明によれば、その構成を円形状物を濃淡の画像として入力し該画像の濃淡境界のすべてのエッジ点を抽出し、該エッジ点のうちのある2点における角度θの傾き直線の交点の座標と該2点の座標との間の距離を算出して両距離が略等しくなるとき前記交点を円の中心画像として抽出して次のエッジ点に移行し、他のエッジ点について同様の抽出を行うことにより前記円形状物の中心及び半径を推定する構成としたため、半径が既知でなくとも円形の抽出ができ、円以外のエッジ構成要素たとえば直線や孤立点などは記録されず円の抽出率も向上し、さらに、半径の異なる円についても一回の処理で済み、また、円の一部の欠けた半円状被加工物の円形の抽出もできるという効果が得られ、極めて有用な円形状抽出装置であるとともにこのような正確で効率のよい円形状抽出装置を提供できるという効果が得られる。

4. 図面の簡単な説明

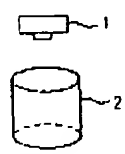
第1図は、本発明による円形状抽出装置のブロック図、第2図は、円の中心候補点を算出する場合の説明図、第3図は、円の中心候補点を算出するフローチャート、第4図は、ホイール・ハブの円の中心点、ボルトの半径および位置を算出する場合の説明図、第5図は、タイヤホイール取り付けのフローチャート、第6図(a), (b), (c)は、従来の2値画像処理によって中心を算出する場合の説



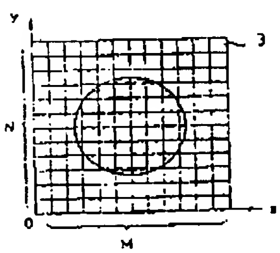
第 4 図



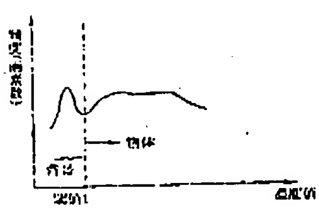
第 5 図



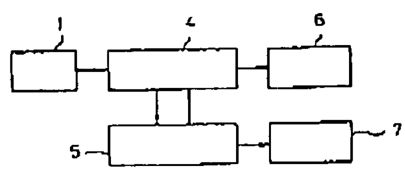
第 6 図 (a)



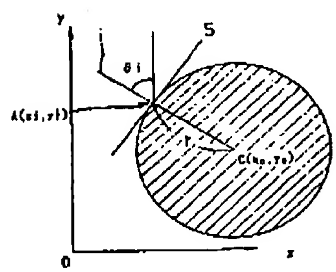
第 6 図 (b)



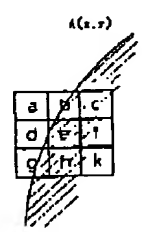
第 6 図 (c)



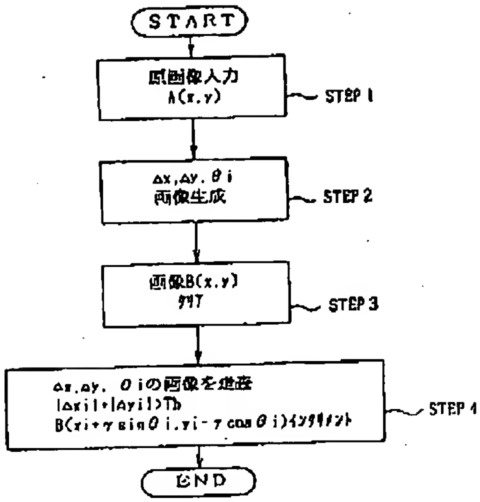
第 7 図



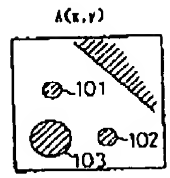
第 8 図 (a)



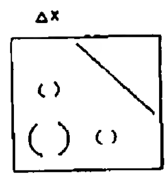
第 8 図 (b)



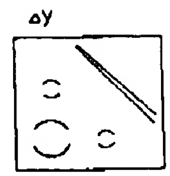
第 9 図



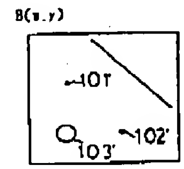
第10図(a)



第10図(b)



第10図(c)



第10図 (d)

RECEIVED
CENTRAL FAX CENTER
MAR 2 3 2007

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-239902
(43)Date of publication of application : 25.10.1991

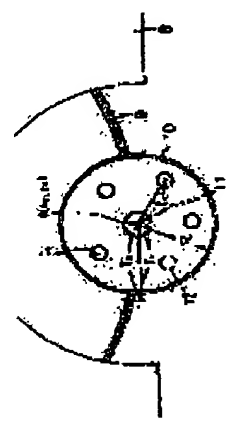
(51)Int.Cl. G01B 11/00
G01B 11/08
G06F 15/62
G06F 15/70

(21)Application number : 02-036226
(22)Date of filing : 19.02.1990

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD
(72)Inventor : NOSO KAZUNORI

(54) CIRCULAR SHAPE EXTRACTOR

(57)Abstract:
PURPOSE: To estimate the center and radius of a discoid body without any error by calculating the coordinates of intersections of slanting straight lines at two points in an edge point and the distances between the coordinates of two points, and extracting the intersection as a center image of a circle when both the distances come to equal to each other, and moving to a next edge point.



CONSTITUTION: The image of a wheel hub 10, i.e. the original image is inputted from a camera. Then the original image is processed to set a rough diameter R across the outer periphery of the hub 10 so that T1 < R < T2 (T1 - T2 is nearly 100 - 200mm), and the center of a circle corresponding to the hub 10 is extracted as a center point H(x0, y0). Then the center of the circle with a radius T3 corresponding to the bolt position 12 on the hub 10 is extracted as center coordinates. Then the center coordinates of the position 12 and the extracted center point H(x0, y0) of the center coordinates is calculated, and at the time of obtaining a radius T4, the position 12 is judged as the center coordinates to find the angle θ between the center coordinates and center point H(x0, y0). Then a tire wheel is fitted to the center point H(x0, y0) at the angle θ.

LEGAL STATUS
[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]

[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]